

# 暮らしとエネルギー

工学院大学

学長 大橋 秀雄

※

## はじめに

発電技術の専門家の前でお話しする機会を得て大変光栄に思います。私はターボ機械の研究をしてきました。ターボ機械は、翼に働く揚力を媒介として流体エネルギーと軸動力との変換をはかる機械ですが、発電機を回している蒸気タービン、ガスタービン、水車、風車のすべてがターボ機械です。その意味では、私の専門は発電技術と大きく関係していることになります。

私は講演を頼まれると、そのとき自分が一番関心を持っている問題をお話しすることにしてありますが、きょうの「暮らしとエネルギー」という演題は、実はご注文によるものです。似たような話を既に何回かしたことがあります。その話を聞かれた方が、「これは面白い」と再演の提案をされたようです。それを聞きまして、私もとうとう落語家や講談師並みになったものだ(笑) 光栄に思っています。

これからお話しすることは、実は私の意地悪体験から生まれたことです。エネルギーの専門家はたくさんいらっしゃいます。国レベル、あるいは世界レベルでエネルギーの需給状況、将来予測まで含めてとうとうとお話しになる方と出くわすと、とてもかなわないとシャッポを脱ぐ一方、なにか一矢報いたいと思って一度試して成功したのがきっかけです。「ところで、あなたはたいへんエネルギー問題にお詳しいようですが、お宅では先月どのくらい電気を使いましたか」と聞くんです。そうすると虚をつかれた顔をして「えっ、えっ」と詰まってしまう「5千円か、1万円

くらいかしら」と答えてきます。私は「料金に関心はありません。お宅で電気を何kWh使って、それをどう思うのかお聞きしたいのです」と畳みかけると、大体お手上げです。それに味をしめて、何回か同じ手を使いましたが、成功率は極めて高い。そこで家庭の電力消費の話から始めたいと思います。

※

## 我が家の電力小史

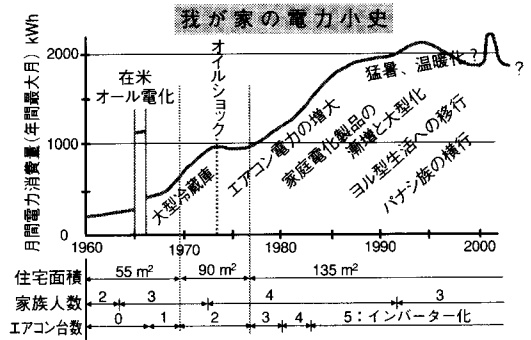


図1

「我が家の電力小史」と題した図1を中心にお話しします。横軸は西暦の年代で、私が結婚して家庭を構えた1960年から2000年まで、40年間にわたっています。横軸の下に、電力消費と関係が深いファクター、例えば住宅面積、家族の人数、エアコン台数の推移がバックグラウンドデータとして記入されています。縦軸は月間電力消費量 (kWh) になっていますが、最初からお断りするように年間最大月の値です。大体において冷房負荷が大きい8月に電力消費がピークに達しますが、その値だけをプロットしてあります。

私が家庭の電力消費に興味を持ったのは、1965年から66年にかけて1年間アメリカで暮らしたのがきっかけです。アラバマ州ハンツビルにあるNASAのロケット開発拠点、マーシャル宇宙飛行センターに、家内と2才の長男をつれて研究留学し、2LDKのアパートで暮らし始めました。しばらくして送られてきた電力請求書を見ると「1200kWh」と書いてあり、しばらくは何かの間違いかと信じられないくらいでした。

というのは、渡米する前は55m<sup>2</sup>の小さなマンション、当時はまだマンションのはしりでしたが、そこで細々と暮らしていました。電気というと、照明、小さな冷蔵庫、オーディオと白黒テレビがあった程度で、月に200とか250kWhくらい使っていたものが、急に5倍以上に膨れ上がったのです。ハンツビルという町は、テネシー川のほとりにあり、まさに有名なTVAの真っ只中にあります。家庭はオール電化で、ガスなど入っていません。冷暖房はもちろん台所から給湯まで全部電気ですと、どうしてもこんなに大きくなってしまいますのですね。

電気代が大変かと思いましたが、さすがTVAの恩恵で1kWh 1セントという料金でしたから、1200kWhも使ったの12ドルです。私はこのとき東大の助教授でしたが、月給は確か3万数千円だったと思います。NASAからもらっていたフェローシップは月1000ドルでしたから、そのときのレート1ドル360円で計算すると収入が一挙に10倍にふえたこととなります。その収入から考えれば、12ドルなど気にする額ではありませんが、それにしても恐ろしく電気を使うものだと実感したわけです。それ以来、いったい自分の家ではどのくらい電気を使うのかと、ときどき気にしながらフォローするようになったというのが正直な話です。

TVA (Tennessee Valley Authority) は、1931年の世界大不況から抜け出すために導入されたニューディール政策の目玉となる電源開発事業です。私のいた1965年頃には、水力

はすでに開発され尽くし、テネシー川沿いに石炭火力が次々に建設された後でした。それでも電力供給が足りなくなって、ハンツビルのちょっと下流側にブラウンズフェリー原子力発電所が建設され、運開の直前までいっていました。TVAというと誰でも水力を連想しますが、65年の時点で、もう火力を通り越して原子力まで始めなければならないのかと、電源のうつろいを痛感しました。

さて66年に帰国するとまた元の生活に戻りましたが、あまり暑いのでウインドクーラーを一つ取り付けたら電力がぼっと増えました。またアメリカの生活で大型冷蔵庫の便利さを味わってしまったので、ついGE製の大きな冷蔵庫を買ってしまったら、それだけで月に500kWhは食ってしまうということで、電力消費はうなぎ登りです。また、子供の成長につれて家が狭くなり、55m<sup>2</sup>から90m<sup>2</sup>のマンションに引っ越したことも消費増大に輪をかけました。

ここで、1973年のオイルショックがやってきます。みんな大変なショックを受けて、省エネ省エネと大騒ぎして、電気を消して回ったことが思い出せます。我が家でも確かに電力消費は減ったはずですが、あまり正確にはフォローしていません。図は、このくらいは減ったはずだという期待値です。そうこうしているうちに子供も二人が増えてもう少し広いところに移ろうということで、現在住んでいる135m<sup>2</sup>のマンションに引っ越しました。すると、部屋数も増えてエアコンの数が3台、4台、5台と増えてきて、夏場のエアコン電力が急増しました。それに加えて、家庭電化製品の漸増、大型化が進み、また生活がどんどんヨル型になってくる。また我が家では「パナシ族」、これは私の造語ですが「電気つけっ放し族」が横行する羽目になりました。

そして、バブル崩壊の年1991年の夏に、とうとう2000kWhの大台を突破してしまいました。アメリカで1200kWhに驚いたことが不思議に思えるほどです。その後長男が結婚して家族が減ったこともあり、これから少しは省

エネに協力できるかと思っていましたが、下り坂に転じたのは束の間、去年の夏再びピークを更新してしまいました。去年の夏はほんとに暑かったですね。各電力会社とも、ほとんどがピーク電力を塗りかえたと思います。なんだか突然山が出て2300kWhまで使ってしまったが、今年の夏はぜひ元に戻したいと願っています。

月別電力消費量

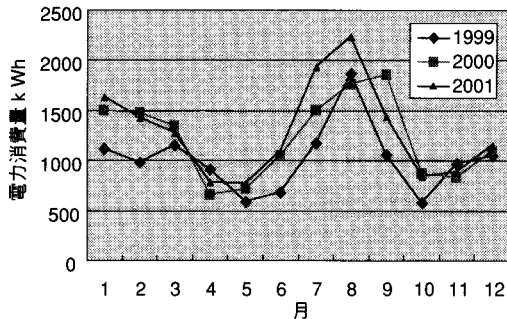


図2

以上お話したことは、すべて年間のピーク消費量に着目した電力小史ということになります。しかし、月間の電力消費量にはかなりの変動があります。図2は、過去3年間の我が家の月間消費量を月ごとに示したものです。だいたい8月を中心にピークが現れ、冷暖房に無縁な5月と10月に底を打ちます。その開きは3倍以上に達し、相当に変動しますから、それに対応する電力会社のご苦勞が分かります。

このようなデータは、東京電力のお問い合わせ係に電話して「過去3年分の月間電力消費量のデータをください」とお願いすると、親切にぱっと送ってくれます。「10年分下さい」と言っても、ひょっとすると送ってくれたかもしれませんが(笑)。皆さん方もご自分の電力消費に興味がおありでしたら、東電に電話してみたらどうですか。

電力消費のピークで見ると、図1で示したように恐ろしく増えてきましたが、5月とか10月のボトム値は、実はこの20年くらいあま

り変わっていません。この辺は、基本的な照明とかテレビ・冷蔵庫の分だけで、何といっても増加の元凶はエアコンにあります。

※—————

## ミクロ経済とマクロ経済

考えてみると、家庭でのエネルギー消費は電力だけではありません。我が家では、暖房用の灯油は使っていませんが、都市ガスとガソリンが直接的なエネルギー源として使われています。

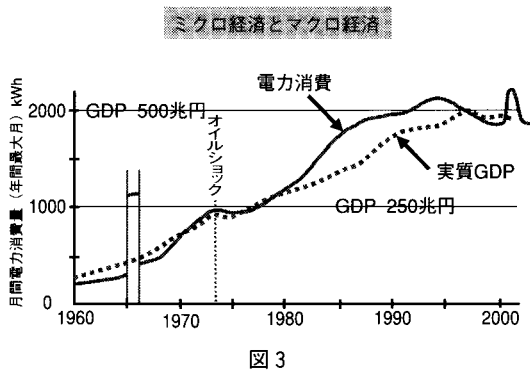
都市ガスを考えてみますと、消費は立方メートル単位で計られて料金が徴収されます。現在都市ガスの発熱量は立方メートル当たり1万キロカロリーになりますから、ガスの消費を熱的に等価な電力消費に換算することができます。ここ二三年の我が家の実績では、ガス消費が一番少ない8月あたりで40立方メートル(512kWh)、暖房などで消費がピークを打つ1月や2月は200立方メートル(2560kWh)のガスを使っていますから、熱的に見れば電力とほぼ同量のガスを消費していることとなります。

それに加えて車があります。我が家には乗用車が1台あり、年間7000キロぐらい走っています。月平均のガソリン消費量をカロリーベースで電力に換算すると、月間約1000kWhに相当します。我が家のようにあまり車を使わないケースでは、年間平均すると電力、都市ガス、ガソリンの三大エネルギー源がほぼ拮抗しますが、通勤などで年間1万キロ、2万キロ走っていらっしゃる方は、ガソリンが最大のエネルギー消費源になることでしょう。

このように、我が家ではトータルで毎月3000kWh相当のエネルギーを平均して使っていることとなります。北海道電力は、現在冷暖房から給湯までオール電化システムを普及させようと推進中ですが、北海道電力の取締役の方が、オール電化の自宅ですら毎月約3000kWhの電力を使うとおっしゃっていました。トータルでは我が家と似通った状況かと

納得した覚えがあります。

以上でお話したことは、主として電力消費という観点から、この40年間における我が家のマイクロ経済の推移を概観したことになります。ところがこの時期は、日本経済が急激に膨張した時期でもあるし、どの家庭でも経済成長の波に乗って電力消費が大きく伸びたのではないかと思います。これを立証するために、我が家の電力消費というマイクロ経済と、マクロ経済の指標としての国内総生産GDPを比較してみることにしました。その結果が図3に示されています。

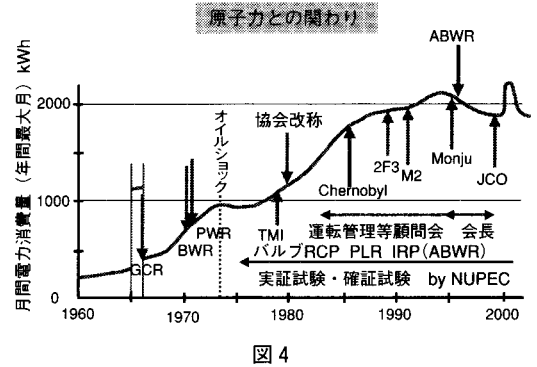


GDPとしては物価の変動を調整した実質GDPをとり、2000kWhの目盛りをGDP500兆円の日盛りと一致させてプロットすると、我が家の電力消費と実質GDPの伸びが2本の線で表せます。この2本を比較して、私は改めてびっくりしました。マイクロ経済もマクロ経済も、驚くほど歩調を合わせて伸びてきたこととなります。私がまだ安月給でピーピーしていた若いころは、アメリカに行って月給が急に10倍になった時期を別にすれば、マイクロ経済は国民平均的なマクロ経済を下回っています。オイルショックのときも、ちゃんと似たような挙動を示しています。そして後半、私が働き盛りで子供も育ち盛りという家計が一番膨らむ時期には、マイクロがマクロを明らかに上回っています。「マイクロ経済はマクロ経済の反映である」と言うべきか、あるいは

「マクロ経済はマイクロ経済の集積である」と言うべきか、経済学に疎い私には説明つきませんが、両者は極めて強い相関関係にあることを我が家の生データから強く実感するわけです。

※

## 原子力とのかかわり



私が原子力に関与するようになったのはオイルショックが契機です。図4に示すように、家庭のエネルギー消費がどんどん増えているときにオイルショックがやってきました。そうすると、いつまでも原油に、ことに中近東の原油に頼っているのはエネルギーセキュリティの見地から不安定だし、もっと確実なエネルギー源をふやしていかなければならないと痛感しました。そのとき、原子力のパイオニアとして活躍しておられた同じ学科の内田秀雄先生から「原子力を手伝わないか」というお話がありました。ちょうど私もそう思っていたので「お手伝いしましょう」と言って始めたのがNUPEC（現原子力発電技術機構）で始まっていた原子力機器の信頼性実証試験でした。

実証試験はバルブから始めました。バルブは単純な構造ですが、原子力発電所1ユニット当たり確か7000台と数が多く、原子力発電所のトラブルの半分近くがバルブの不具合によるものでした。バルブには結構難しい作動条件があります。それは、バルブはほとんど

の時間じっとして動かないくせに、いざというときには確実に動かなければなりません。それが、機械としてはある意味では一番難しい条件です。自動車だって、1年に一遍動かすとき、エンジンをかければいつでもぱっとスタートする状態に維持するのは難しく、毎日使っているほうがちゃんと動きやすいわけです。

バルブの機能は原子炉の安全性を左右します。特に格納容器内の特定のバルブについては、配管破断が発生して温度、圧力が上昇したときに、全体がクールダウンするまでの一月か二月の間きちんと開閉機能を保持する必要があります。それを実証するためには大きな圧力釜みたいな中にバルブを入れて、果たして機能が継続するかどうか試験しなければなりません。バルブの実証試験を始めた直後に、加圧器逃がし弁の閉止不全が原因となってTMIの事故が発生しました。これによってバルブの実証試験がさらに強化されたことは言うまでもありません。

バルブに引き続き、PWRの一次冷却材ポンプ(RCP)、BWRの再循環ポンプ(PLR)の実証試験を行い、さらにABWRのインターナルポンプ(IRP)の実証試験までずっと続いてきました。この間、APWRの炉内流動まで含めると、磯子、勝田、高砂の3工学試験所を舞台に、つい最近まで実証試験に明け暮れたという感じがします。

図4に示す40年の流のなかで原子力発電の経緯を見ますと、66年に東海のガス冷却炉が運開しております。それから70年にBWRとPWRが相次いで運開しました。BWRは敦賀の1号、PWRは美浜の1号になりますが、今朝の新聞によりますと、敦賀の1号が2010年に廃炉することが決まったということです。40年間はきちんと運転して廃炉にするというのが最初からの想定でしたから、もうその時期がやってくるのですね。

私が通産省の運転管理等顧問会のメンバーになったのは1983年ですから、TMIの後、チェルノブイルの前になります。この協会自身

が火力原子力と名前を変えたのが1980年ですから、80年代に入って原子力発電が大きなウエートを占めるようになってきたことを痛感します。

チェルノブイルの事故に続いて、わが国でも福島第二の3号機、美浜の2号機と、事故調査委員会を立ち上げるほどの事故が起きました。私は顧問会のメンバーとして両方の事故調査委員会に加わりましたが、両方の事故とも、要するに流体力に揺すぶられて疲労破壊が起こったという事象で、私が専門とする非定常流体力学が原因説明に役立ちました。

私は1995年から99年まで運転管理等顧問会の会長を務めました。会長をしているときに大きな事故が起こると対応が大変になります。それで私は、会長を続けている間ずっと、神社仏閣が目につくと必ずお参りして、お賽銭をあげて「事故が起こりませんように」と原子力安全をお願いしておきました。これを神頼みといいます。そのお陰か、少なくとも私が会長をしているときは、発電用軽水炉については大きな事故はありませんでした。研究炉についてはもんじゅの事故がありましたし、任期終了後間もなく、99年の9月にJCOの臨界事故が起きました。でも発電用軽水炉については、40年に及ぶ運転経験の積み重ねを通じて、ようやく安定期に達したと感じています。

1996年から97年にかけて、柏崎で待望のABWRが運転を開始しました。温暖化対策を考えると、原子力発電に期待が集まります。パブリックアクセプタンスという見えない壁を乗り越えるには、事故を起こさないという当たり前の答えしかないように思われます。

※—————

## 家庭の温暖化問題

これまでエネルギー消費の話ばかりしましたが、これから環境問題に目を向けてみたいと思います。さて皆さん方のお宅で、年間どのぐらいの二酸化炭素CO<sub>2</sub>を出しているか把握しておられるでしょうか？もしご存知で

## 我が家の年間二酸化炭素発生量（直接エネルギー消費分）

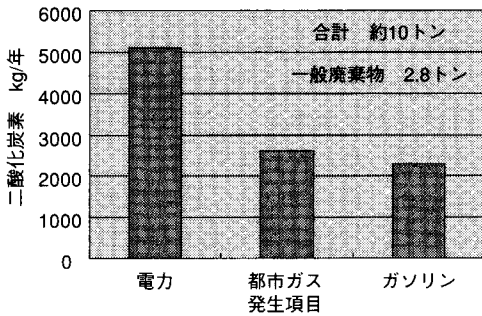


図5

したら、環境意識の高い立派な方だと尊敬申し上げます。我が家の年間二酸化炭素発生量を計算すると、図5に示すとおりになります。電力消費を通じて年間5.1トン、都市ガスで2.6トン、ガソリンで2.3トンですから、合計約10トンに達します。これはCO<sub>2</sub>としての重量ですから、炭素と酸素の両方を合わせた重量をいっています。

この計算には、東京電力が出している「かんきょうとでんき」という小冊子に書いてあるデータを利用しました。電力は1kWh当たり0.33kg、都市ガスは1立方メートル当たり2.2kg、ガソリンは1リットル当たり2.3kgの割合で二酸化炭素に換算しています。電力については、原子力も含めた現状の電源ミックスに対する値となっています。休日や夜間のように、原子力発電比率の高い時間帯を狙って電気を使えば、実質二酸化炭素発生量はもっと下がるはずです。

ガソリンも、二酸化炭素の主要な発生源になります。車を乗り回している人に「あなたの車は年間どのくらいCO<sub>2</sub>ガスを発生するか勘で当ててください」と質問すると、普通「数キログラムかしら」と全くとんちんかんな答えをします。「とんでもない。あなたの車の重量以上にCO<sub>2</sub>を発生しますよ」というと、びっくりします。私が乗っている車は1.6トンぐらいの重さがありますが、それが年間7000キロ走るだけで2トン強のCO<sub>2</sub>を発生してしまうわけです。

我が家だけで、電気・ガス・ガソリンの直接エネルギー消費に限っても年間10トンの二酸化炭素を空气中にばらまいていると思うと、身がすくむ思いがします。ちなみに、産業、民生、発電、運輸などの全分野をひくくめた二酸化炭素発生量は、日本国民一人当たり約10トンになりますから、我が家の割り当ては30トン。その1/3を家庭内のエネルギー消費で食ってしまっています。ちなみに日本全体では、家庭でのエネルギー消費によるCO<sub>2</sub>の発生量が、全発生量の1/4を占めているそうです。

二酸化炭素は空气中にばらまく膨大なゴミですが、これに我々が廃棄物として出すゴミが加わります。我々が可燃ゴミ、不燃ゴミ、資源ゴミとして出す一般廃棄物の量は、私が住む世田谷区の平均では一人当たり年間930kgになります。ですから3人家族で2.8トンになりますが、それをゴミ収集車で回収・搬送してもらっています。それとは全く別に、10トンのCO<sub>2</sub>を我が家の責任で出すわけですから、それも収集車で運んでくれと頼んだら、街中はもう収集車で埋まって身動きがとれなくなります。ですからそれを空气中に分散させて自然の処理に任せていることになりますが、それが温暖化というしっぺ返しになって戻ってくるわけですね。二酸化炭素というと、ああ工場の煙突から出るものかしらと他人事のように思う方もいるかも知れませんが、家庭もまた立派な排出源であることを意識しましょう。

※—————

## 我が家の省エネ論争

私の家では、これまでお話したように、結構たくさんエネルギーを使っています。CO<sub>2</sub>もそれなりに出しています。私はそれを心苦しく思い、エネルギー消費を減らしたい、CO<sub>2</sub>の発生も減らしたいと心掛けています。ですから家の中で「省エネ、省エネ」とわめいていますが、未だ家族の説得に成功していません。その点で大変恥ずかしい亭主ですが、

我が家でのやり取りをご紹介します。

私が「省エネ、電気を消して!」と叫ぶと、家内が私のほうをじっと見て「ちっちゃな家なんだから、家じゅうの電気を全部つけっ放しにしておいたほうが、夜、どこへ行ったって明るくて怖くないし、気持ちいい」と言います。それから「エアコンだって、せっかく買ったんだから全部つけっ放しにしたほうが、どの部屋に行っても涼しくなっていて気持ちいいわよ」と言うわけです。そうなる、「つけっ放し」も一種の確信犯で、単なる「むだ使い」として片づけるわけにはいきません。東京電力のコマーシャルで、でん子という漫画のキャラクターが出てきてコンセントを抜いて回り「むだな電気は節約しましょう」と呼びかけます。「むだな電気」は主観的な話ですが、節約すれば電気料金に客観的にはね返ります。話が電気料金の節約のことに及ぶと、家内から「私はあなたにブランドの洋服を買って下さいと頼んだことがありますか」「グルメレストランに連れてってちょうだいと頼んだことがありますか」と反論されます。確かに、そうゆうことを頼まれた記憶はあまりありません。家内に言わせると「自分が一番価値を認めるものにお金を使えばいいんでしょ。ブランドの洋服に価値を認める人はそれにお金を使えばいい。私は、毎日快適な暮らしをするのに役立つ電気という商品の価値を認めているからたくさん買っているだけで、それは価値観と選択の問題でしょ」ということになります。

我々は何をやるにしてもエネルギーを使います。電気代を節約して洋服買っても、洋服を作るのに必要なエネルギーを考えると、省エネになるかどうかは疑問です。家で電気を使わないために旅行に出たら、飛行機に乗ったり車に乗ったりして余計にエネルギーを使ってしまう。エアコンを切って節電しても、代わりに冷たいビールで暑さを癒そうと冷蔵庫から缶ビールを取り出すと、たちまち電気の塊といわれるアルミ缶を不燃ゴミに変えることになります。どちらが余計にエネル

ギーを消費するか、正確に比較しなければ判りません。「お金を使えば必ずエネルギーを使うのよ。今でも景気が悪いのに、省エネのためにみんながお金を使わずに貯金したら、日本経済はもう破滅よ」と家内にいわれると、俄然歩が悪くなってきます。

「省エネ、省エネ」と政府は口では言っているけれど、片や消費を拡大して日本経済を立て直すのにやっきになっています。「省エネ」と「消費拡大」という全く相反することを同時にしゃべっていても、政府もマスコミも何とも思っていない。これはまさしく現代の矛盾であるわけで、家内はこれを逆手にとって省エネ派の亭主を封じ込めようとしています。

※—————

### 世代間責任

ここまでくると、私も腹をくくらざるを得ません。「景気なんてどうでもいいんだ。本当に大切なことは地球環境を守ることなんだ」と不退転の決意を示します。理屈から言っても、不景気で消費や生産がクールダウンしたほうが、環境という見地からは好ましいに決まっています。「地球環境は、自分たちだけのことではなく、後々の世代のことも考えて守らなければならない。今は少しぐらい不景気になることを我慢しても、省エネをすることが大事なんだ」とやり返します。

しかし家内は「我々の先祖が、のちの世代のために何かを犠牲にしてくれたことがありますか」と切り返してきます。確かにこれまでの世代は、自分たちが生きるのに精いっぱい、あまり後のことを考えるゆとりはなかったでしょう。ご存知のように「子孫のために美田を残す」という言葉があります。しかし、その子孫というのは自分たちの子供のことで、子供可愛さはあったとしても、見ず知らずの次世代のことを考えた人類愛とは言い難いでしょう。

それぞれの世代は、限られた時間だけこの地球上に生きることを許されています。繰り

返しが許されないたった一度のチャンスですから、未来をあれこれ勘ぐって、いまの行動を制約することが本当に正しいのでしょうか？例えば、今から数世代前の人たちが、そのころの貧しい生活の中から、自分たちの暮らしを犠牲にして我々に何かを残してくれたとします。それが果たして、我々が感謝するような結果になるかどうかは疑問です。木を植えることだったらましな方で、橋やトンネルだったら昔の語りぐさになるだけでしょう。苦勞した祖先が、現在の我々の飽食と浪費の実態を知ったら、自分たちがもっと楽しんでおけばよかったと嘆くに違いありません。同じように、我々が次世代のためにと考えて、現在の生活を犠牲にしてまで子孫のために何かを残してやっても、ひょっとすると苦笑いされる結果になるおそれが十分あります。

我々は、次の世代に資源の枯渇や環境変化というマイナスの遺産をたくさん残すことになるでしょう。申し訳ない感じもしますが、反面次の世代にもものすごく大きいプラスの遺産を引き継ぎます。それは知恵の増大、あるいは科学の進歩といってもいいかもしれません。物質と生命に関わる我々の認識は、この50年間で信じられないほど進化しました。それは恐らく、我々が残すマイナスよりもはるかに大きいプラスであるに違いありません。次の世代は、我々から引き継ぐ科学技術を駆使して、自分たちの時代と環境に一番適合した生き方をするはずです。我々は「夢の島」にいろんなものを捨てて、ゴミという負の遺産を残すことを気に病んでいます。ひょっとすると、あれが将来ものすごい金脈になる可能性があります。いろんな物質があそこに濃縮されているわけですから、ある意味では万能鉱山で、将来素晴らしい精錬プロセスが開発されて夢の島が宝の島に変わる可能性は十分あるでしょう。「地球を救おう」などという情緒的な言葉に流されるより、いま生きている人々を大切にする。そのことについては、私も家内の意見に従わざるを得ませ

ん。

以上のやり取りからお分かりのように、いま我々に一番不足しているのは哲学です。世代間の受け渡しという時間軸を取って、今の世代が次の世代にどういう責任を持つべきかということをもとに議論してきたことはありませんでした。時間軸とは別に、空間軸の話もあります。温暖化一つとっても、南の島で海面が上がってきて住むところなくなってしまふ人と、寒冷な北の大地に住んでいて、温かくなった方が農産物がふえて都合がいいという人もいます。ですから、同じ温暖化によっても地域によって全く違う影響が現れるわけで、地域間の利害調節という問題も出てきます。最近もう一つ、第三の軸を主張する人がいます。それは生物多様性の軸で、人間だけでなく他の生物との共生・利害調整が、人類の生存に不可欠だという指摘です。

このような問題をどう考えるべきかは、昔流でいえば哲学の問題になりますが、いまや哲学というよりも、人文科学、社会科学、自然科学のすべてを網羅してこれに対する答えを出さなければならぬと思います。それはまだ始まったばかりで、ほとんど答えが出ていません。議論はこれからです。

※—————

### 省エネはインフラ問題

省エネ省エネといっても、節約に期待してお題目を唱えているだけではなかなか進みません。私はこれをインフラ問題だと思っています。熱いコーヒーを飲みたいと思っても、我慢するのが一番省エネです。でも、それに解決を求めるのは問題外でしょう。そこで、やかんをガスコンロに載せてお湯を沸かすことになります。やかんをコンロの中心に正しく載せてお湯を沸かせばいいのですが、偏って載せると、熱気の大部分がやかんから外れてガスの無駄遣いになります。「やかんをコンロに正しく載せてお湯を沸かしましょう」これは子供でもすぐ分かることですが、それで満足してしまうのが素人で、それでも「ああもっ



たない」と思うのがエネルギーの玄人といえます。

皆さん方はみな玄人ですから、たかが100度のお湯を沸かすのに、1000度以上の燃焼温度をもつガスを使うなんてもったいないとすぐお分かりでしょう。それがなかなか普通の方にはお分かりいただけないところがあります。火力原子力発電技術協会は、いかにして熱を有効利用するか、この辺のところを一番よくやっておられると思います。

化石燃料をうまく燃やすと、1500度以上の高温燃焼ガスが発生します。その熱エネルギーを水を媒体として取り出し蒸気タービンを回そうとすると、大きな温度ギャップが生じます。蒸気の飽和温度は臨界点でも高々375度、過熱しても600度ちょっとが材料的に見た実用限界でしょう。すると、燃焼温度との間に1000度以上の落差が生まれます。熱機関の熱効率は、ご存知のように高温熱源と低温熱源の温度比によって決まります。蒸気サイクルの熱効率は、過熱蒸気の温度と40度前後の冷却水温度の比で決まりますから、蒸気単体のサイクルとしては自ずと限界があります。

高温ガスと蒸気温度とのギャップを埋めることができるのがガスタービンです。1500度の高温に耐えるガスタービンを開発するまでに随分と時間が掛かりましたが、ようやくそれが可能になってきました。高温ガスタービンと蒸気サイクルを組み合わせたコンバインドサイクルが、熱効率向上の決め手として急速に普及し始めたのは当然の流れといえましょう。

核分裂反応によって原子炉の燃料棒が到達し得る温度というのは、これはまさしく炎の世界以上のものでありまして、チャイナシンドロームを起こすほどの高温であります。それを我々は今のところ、蒸気温度を280度程度に抑えて使っていますから、熱効率的には極めて不利な使い方をしてしています。安全性や技術の安定性を重視する原子力の保守性がここに現れています。

ここで話を再びやかに戻しますが、100

# 省エネ君

大橋秀雄作



図6

度のお湯を沸かすのにガスの高熱を使うのももったいない限りです。私も環境に関する講義の中で、この辺の理屈を学生にきちんと教えて「ガスでお湯を沸かすなんて、もったいないと思え」と吹き込みました。ある日講義が終わったら一人の学生がやってきて「先生、

私は下宿で一人暮らしをしていますが、毎日ガスでお湯を沸かしてコーヒーを飲んでます。一体私はどうしたらいいんですか」と聞いてきました。私も答えに窮し「うーん、ちょっと今すぐ思いつかないけど、考えてみるから君も考えたまえ」といって時間を稼ぎました。それで、考えてつくったのが図6に示す「省エネ君」という漫画です。この漫画はちょっと玄人っぽいところがあるんで、普通の人には笑ってもらえませんが、皆さん方だったらきっと笑っていただけるんじゃないかと思えます。

講義の中で「省エネには熱のカスケード利用が有効である」という話を聞いて、省エネ君は「なるほど」と思ったわけです。下宿に帰ってコーヒーを飲もうと思い、ガスコンロにやかんをかけて、シューッと湯が沸き始めたのを見て、省エネ君は「これはカスケード利用に反している」と思いました。どうしようか迷った末、「そうだ!」と名案を思いつきました。何をしたかと思ったら、この省エネ君はかなり豊かな学生らしく、自分の車を持ち出してドライブに出かけました。「ヤッホー」としばらく花見を楽しんだあと、戻ってきてからやおらラジエーターから冷却水を取り出して、それでコーヒーをいれました。廃熱利用です。エンジン冷却水も加圧していますから結構温度が高く、100度以上に確実にあがります。省エネ君は、そのコーヒーを飲んで「エンジン冷却水のコーヒーは省エネの味がする」といって一度は満足しましたが、「でも、何かヘンだよ?」と疑念が晴れません。

確かに、ドライブにまで出かけてわざわざガソリンを使い、無理に廃熱利用しても得なことはありません。トータルで考えれば、ガスで沸かした方がよほど省エネです。この辺の矛盾を漫画にしたんですが、おもしろいと思っていただけたでしょうか(笑)。

要するに、エネルギーを有効に使って省エネしようと思ったら、それ相応のインフラが必要です。少し古い話ですが、96年2月の朝

日新聞に、多賀城市にお住まいの方が出した「火力発電所の排熱を家庭に」という投書が載りました。朝日の社説に載った「熱を惜しむ社会を築こう」とい記事に共鳴して、ヘルシンキに住んでいたときの体験を伝えたいと思って投書されたようです。ヘルシンキ市内に五つの火力発電所がありますが、それが熱電併給をやっている、各家庭に配られる120度から140度の熱水で暖房から給湯まで全部賄うことができたそうです。それに比べると、自分の家から3キロのところの仙台火力があるくせに、廃熱はすべて海に捨てられていて、自分は寒い部屋で震えていなければならない。「日本は貧しいですね」と嘆いて投書は終わっています。何が貧しいかというと、インフラが貧しいのです。

私は、省エネというのはインフラ問題だと思っておりまして、我慢せずに省エネを実現するには、エネルギー、特に熱を有効利用するインフラが必要です。それも、個々の機器というよりは、都市あるいはコミュニティ単位の総合的なシステムが必要です。これまでの日本は、橋や道路や港湾など、土木中心のインフラ整備でしたが、これからはエネルギー有効利用のインフラ整備にシフトする必要があります。

※—————

## これからの50年

2050年までの世界人口の予測

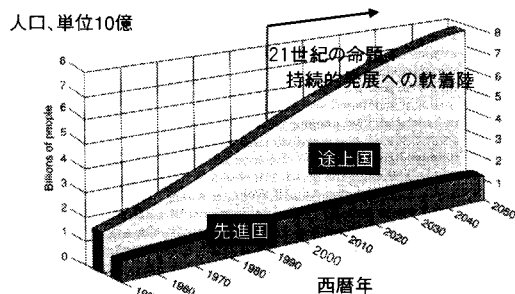


図7



きた化石燃料の埋蔵量は、同じく100と推定されています。ですから、現在地球上にあるバイオマスをすべて石油、あるいは石炭に変えたのと同じくらい残っていることになるわけです。ですからこれを現在のペースで使っていけば、100年で全部使い切ることになります。

我々が長期的にエネルギー源を考えるときに、一つは太陽エネルギーの直接利用を増やして、1万分の1の利用効率に近づくことです。植物でさえ千分の1の利用効率を実現しているのだから、人知の限りを尽くして太陽光、太陽熱や自然エネルギーの有効利用を進めれば、結構ゆけそうな感じもします。これが一つの突破口であると思いますが、これはどちらかといったら、機械、電気・電子、材料など伝統的な技術に依拠するところが大きいと思います。

もう一つは、既に最大の成功者である植物の光合成に相乗りさせてもらうことです。光合成が既に千分の1という利用効率を達成しているのだから、生命科学や遺伝子操作の成果を活用して植物を改造し、利用効率を10%アップさせるだけで、固定化されるバイオマスは10から11に増えます。その増分1は、我々の年間消費エネルギーにまるまる匹敵します。これがもう一つの突破口で、そこではバイオロジーとケミストリーが進歩の主役になるでしょう。

長期的に考えると、いずれ化石燃料は尽きてしまいます。もちろん原子力、あるいは核

融合という選択肢がありますが、太陽から降り注ぐエネルギーはものすごく巨大で、ちょっとおこぼれを頂戴するだけで、エネルギーの需給に大きな影響があることがお分かりいただけたと思います。

サマリーになります。これからの50年間は、世界人口を90億以内に抑えて、持続的社會への移行を確実にすることが最大の課題です。人口を野放しにしておく、あらゆるシナリオがすべて御破算になってしまうことになります。我々科学技術に携わる者は、今まではどちらかという、富と利便への奉仕に明け暮れてきたと思いますが、これからは、人口問題や南北格差の解消などこれまで専門外だと思ってきた問題の解決に、もっと積極的にかかわっていく必要があります。

宗教や民族の違いによる対立は、かつてのイデオロギーの対立以上に激しさを増しています。その中で、日本はそこそこに豊かで安全な社会を実現して平和を満喫していますが、まだまだ世界のモデルとして尊敬を集めるところまで行っていません。豊かさを求めるだけだったらアメリカの追従で終わってしまいます。豊かさはそこそこでかまいませんが「思いやりがあって心がなごむ国」が私の理想です。それが、持続可能な社会と滑らかに繋がることを願っています。

大変散漫な話になりましたが、皆さんのお時間をちょうだいしました。どうもご静聴ありがとうございます。(拍手)